



XXII OLIMPIADA NACIONAL DE FÍSICA
Guadalajara, Jal. 20-24 de noviembre de 2011
Prueba teórica

1. PROBLEMA Colisión de piedras (8 puntos)

Una piedra esférica se deja caer desde un edificio alto de altura h (desde la calle) al tiempo $t = 0$. En el mismo instante otra piedra idéntica se lanza verticalmente hacia arriba desde el piso de la calle con una velocidad u en la misma línea vertical del movimiento de la primera piedra.

1.1	Calcule el tiempo t_c al cual las piedras chocan.	2 punto
1.2	Si al chocar, las piedras tienen la misma <i>magnitud</i> de la velocidad ¿cuales son los valores de u y t_c ?	2 punto
1.3	Continuando con los resultados del inciso anterior, si la colisión es elástica calcule los tiempos a los cuales las piedras golpean el piso. Exprese tales tiempos en términos de t_c . Recuerda que en una colisión elástica algunas cantidades se conservan.	2 puntos
1.4	Haga un diagrama de la trayectoria (altura contra tiempo) para cada piedra y especifique claramente los tiempos y alturas en sus diagramas.	2 puntos

2. PROBLEMA Leyes de Kepler. (7 puntos) Un planeta P de masa m se encuentra en una órbita elíptica alrededor de una estrella S de masa M , como se indica en la figura 1a. Cuando el planeta se encuentra a una distancia r de la estrella, tiene velocidad v . Considere que los semiejes mayor y menor de la elipse tienen longitudes $2a$ y $2b$.

2.1	Escriba una expresión para la energía E del planeta.	0.5 punto
2.2	De la expresión anterior, deduzca el punto donde la velocidad v es máxima y el punto donde es mínima.	1 punto
2.3	Discuta si el tiempo en que se recorre el arco A-B-C es el mismo que en el que se recorre el arco C-D-A, o si es diferente.	1 punto

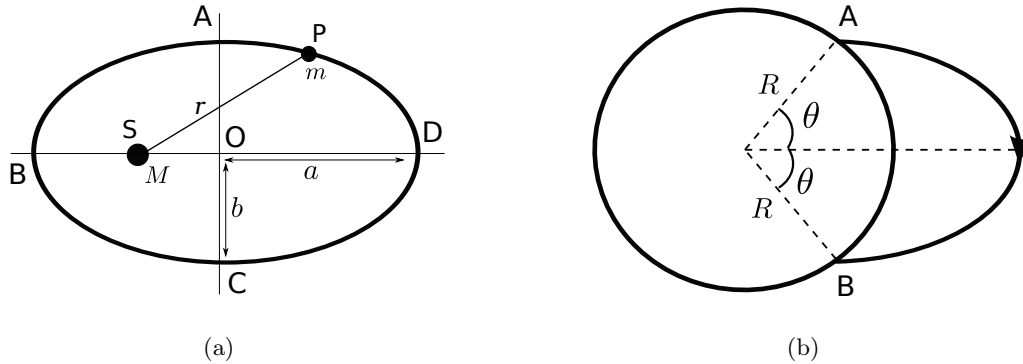


Figura 1

La Tercera Ley de Kepler establece que el periodo T de una órbita elíptica está relacionada con el semieje mayor a por: $T^2 = ka^3$, donde k es una constante.

2.4	Determine el valor numérico de la constante usando el hecho de que la orbita de la Tierra alrededor del Sol puede considerarse como circular, es decir, $a = b$, con el Sol en O . La distancia Tierra - Sol es $R_S = 1.5 \times 10^{11}$ m.	0.5 punto
2.5	El cometa Halley da una vuelta alrededor del Sol cada 76 años. Calcule la longitud del semieje mayor de la orbita del cometa. Exprésela en términos de R_S .	0.5 punto

La Segunda Ley de Kepler nos dice que la línea r , del planeta P a la estrella S , barre áreas iguales en tiempos iguales. Es decir, el área que barre entre dos puntos de la órbita es proporcional al tiempo que tarda en ir de un punto al otro.

Considere ahora un cohete que es lanzado desde la superficie de un planeta esférico de radio R , desde un punto A y que regresa a la superficie en el punto B , vea la figura 1b. La separación angular entre el punto de lanzamiento A y el de aterrizaje B , con respecto al centro del planeta es 2θ . La trayectoria entre A y B es “media” elipse, es decir, el eje mayor es $2R$ y el menor la distancia entre A y B . (El área de la elipse es πab)

2.6	¿Cuánto tarda el cohete en recorrer la trayectoria de A a B , suponiendo que tardaría T_0 en recorrer la elipse completa?	2.5 punto
2.7	El resultado anterior ¿se aplica al caso $\theta = 0$? explique.	1 punto

3. PROBLEMA La brújula desviada (8 puntos)

Supongamos que estamos en una posición en la superficie terrestre donde el campo magnético de la Tierra sólo tiene componente horizontal B . Una pequeña brújula (ver figura 2a) puede moverse libremente en el plano horizontal. En ausencia de otras fuerzas se alinearía con las líneas del campo magnético apuntando hacia el norte magnético. Rodeando la brújula hay un anillo circular metálico de radio r que rota respecto al eje vertical (perpendicular al plano de la brújula) con frecuencia angular ω .

La permeabilidad del vacío es $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ V s/Am}$

Pueden ser útiles las siguientes identidades trigonométricas:

$$\cos(a) \sin(a) = \frac{1}{2} \sin(2a)$$

$$\sin^2(a) = \frac{1}{2} [1 - \cos(2a)]$$

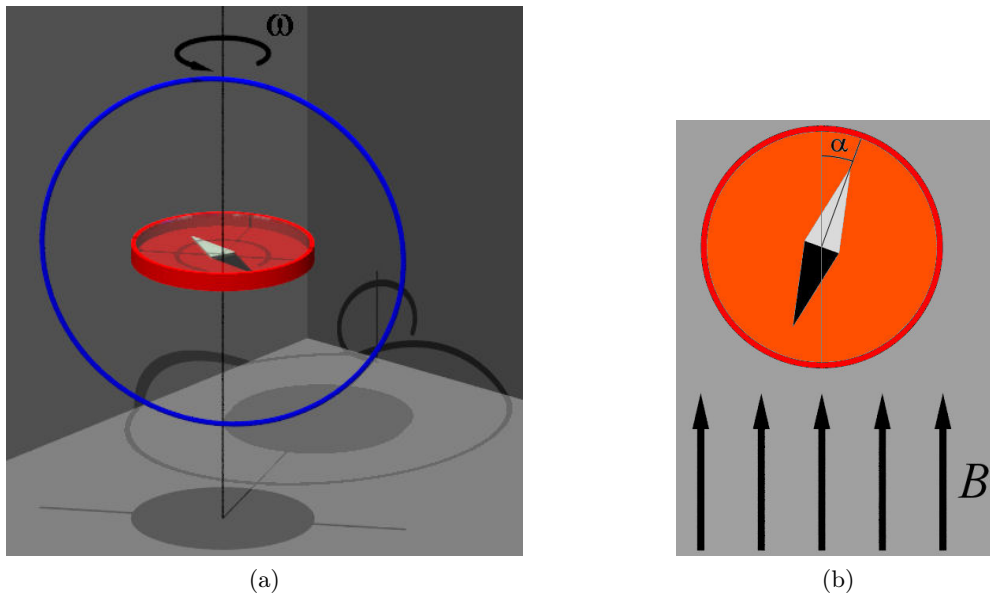


Figura 2

3.1	Ignorando la contribución de la brújula y tomando en cuenta que el anillo está rotando, el flujo magnético depende del tiempo. Suponga que para el tiempo inicial $t = 0$ el anillo tiene su plano perpendicular al campo magnético de la Tierra. ¿Cuál es el flujo magnético a través del anillo metálico?	1 punto
-----	---	---------

3.2	¿Cuál es el voltaje V inducido en el anillo?	1 punto
3.3	Si el anillo tiene resistencia R , ¿cuál será la corriente I inducida en el anillo?	1 punto
3.4	Esta corriente fluyendo por el anillo inducirá un campo magnético B_I en el centro del anillo. ¿Cuál será su magnitud?	1 punto
3.5	La dirección del campo magnético B_I es perpendicular al plano del anillo y rota con él. ¿Cuánto vale B_{par} , la componente de B_I paralelo al campo magnético de la Tierra B ? ¿Cuánto vale B_{per} , la componente de B_I perpendicular al campo magnético de la Tierra B ?	1 punto
3.6	Suponga que la respuesta de la brújula es lo suficientemente lenta para que los términos de los componentes de B_I que oscilan en el tiempo se promedien y se cancelen. Es decir, que términos que son proporcionales a $\sin(\alpha\theta)$ ó $\cos(\alpha\theta)$ (pero no producto de ellos) se pueden aproximar a cero. Encuentra la componente que sea constante en el tiempo y que por lo tanto pueda afectar la orientación de la brújula?	1 punto
3.7	¿Cuál es el ángulo α (ver figura 2b) que esta componente desviará a la brújula de su posición normal?	1 punto
3.8	Para el caso de $r = 0.1\text{m}$, $\omega = 100 \text{ s}^{-1}$, y $R = 10^{-4}\Omega$, ¿cuál será el valor de α ?	1 punto

4. PROBLEMA Conducción de calor (7 puntos)

La transferencia de calor (razón de flujo de calor) a través de un sólido, debido a la diferencia de temperaturas en sus caras opuestas, están regida por la ecuación:

$$-\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \left(\frac{T_1 - T_2}{d} \right) \quad (1)$$

donde k se define como la conductividad del material, A es el área transversal del sólido y d es el espesor del sólido; T_1 y T_2 corresponde a la temperatura en ambas caras del sólido (figura 3a).

La ecuación (1) establece que la razón del flujo de calor (lado izquierdo) es proporcional a la diferencia de temperaturas en el sólido y su área transversal (lado derecho). La constante de proporcionalidad k se conoce como conductividad térmica.

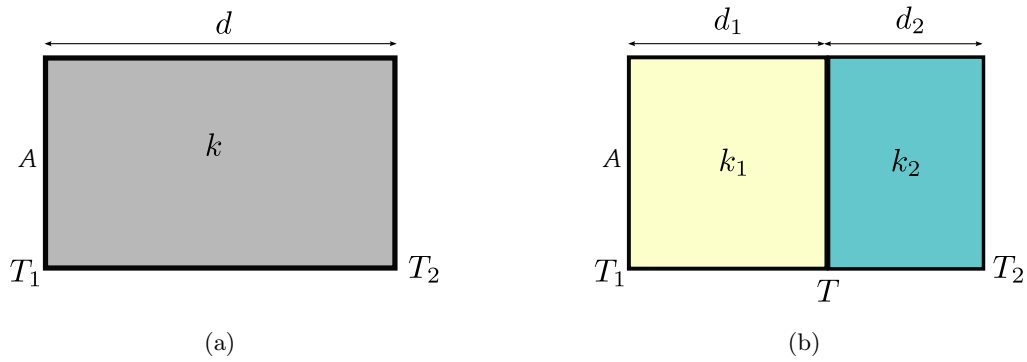


Figura 3

Considera dos tablas de igual sección transversal A , con espesor d_1, d_2 y conductividad térmica k_1 y k_2 respectivamente. Se ponen en contacto en su sección transversal de forma paralela. La cara exterior a la primer tabla se mantiene a temperatura T_1 , y la segunda a temperatura T_2 (figura 3b).

Si T es la temperatura en la unión de las dos tablas, calcula:

4.1	La razón de flujo de calor $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ a través de ambas tablas unidas.	3 puntos
4.2	La temperatura T en la interfase, en términos de los parámetros: k_1, d_1, T_1 y k_2, d_2, T_2	2 puntos
4.3	La conductividad equivalente k_{eq} de ambas tablas unidas.	2 puntos